

30. 3. 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

JP04/4551

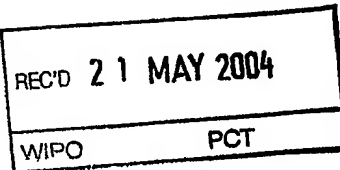
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 4月14日

出願番号
Application Number: 特願2003-108787
[ST. 10/C]: [JP2003-108787]

出願人
Applicant(s): 信越半導体株式会社

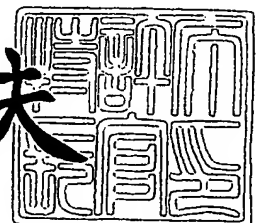


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0200228

【提出日】 平成15年 4月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C30B 15/04

【発明者】

 【住所又は居所】 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 1 5 0 番地 信
越半導体株式会社 半導体白河研究所内

 【氏名】 星 亮二

【発明者】

 【住所又は居所】 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 1 5 0 番地 信
越半導体株式会社 半導体白河研究所内

 【氏名】 園川 将

【特許出願人】

 【識別番号】 000190149

 【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100102532

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 好宮 幹夫

 【電話番号】 03-3844-4501

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 043247

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9703915

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 単結晶の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ルツボ内に多結晶原料を収容し、前記ルツボの周りを囲むように配置されたヒーターにより前記多結晶原料を加熱溶融し、該原料融液に種結晶を融着した後引き上げて単結晶を育成するチョクラルスキー法による単結晶の製造方法において、ボロンをドーピングして抵抗率を調整した単結晶を育成する場合に、前記ルツボの最高温度を 1600°C 以下に制御して単結晶を育成することを特徴とする単結晶の製造方法。

【請求項 2】 前記育成される単結晶の抵抗率が、 $0.1\ \Omega\text{cm}$ 以下となるように前記ボロンをドーピングした単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶の製造方法。

【請求項 3】 前記育成される単結晶の抵抗率が、 $0.001\ \Omega\text{cm}$ 以上となるように前記ボロンをドーピングした単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の単結晶の製造方法。

【請求項 4】 前記育成される単結晶中の窒素濃度が、 $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 以上、 $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下となるように窒素をドーピングした単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の単結晶の製造方法。

【請求項 5】 前記単結晶として、シリコン単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の単結晶の製造方法。

【請求項 6】 前記単結晶の育成に際し、前記原料融液に少なくとも 300 ガウス以上の磁場を印加して単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の単結晶の製造方法。

【請求項 7】 前記単結晶として、直径が 200mm 以上の単結晶を育成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の単結晶の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、単結晶の製造方法、特に、ドーパントとしてボロンを添加するシリコン単結晶の製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来、シリコン単結晶等の単結晶を製造する方法として、チョクラルスキー法（CZ法）や浮遊帯法（FZ法）が知られている。

CZ法によりシリコン単結晶を製造するには、図4に示されるような単結晶製造装置30を用い、ルツボ5に原料として多結晶シリコンを収容し、ルツボ5の周りを囲むように配置されたヒーター7により多結晶シリコンを加熱溶融する。次いで、原料融液4に種結晶14を融着させた後、回転しながら徐々に引き上げることで単結晶3が育成される。なお、近年では、単結晶の大型化が進み、融液4に磁場を印加しながら単結晶3を育成する、いわゆるMCZ法が用いられることが多くなっている。

【0003】

育成されたシリコン単結晶は、その後、スライス、面取り、研磨等の加工を経て鏡面ウエーハとされるが、さらに、その上にエピタキシャル層を成長させる場合がある。このようなエピタキシャルウエーハでは、基板となるシリコンウエーハ上に重金属不純物が存在すると、半導体デバイスの特性不良を起こしてしまうため、重金属不純物は極力減少させる必要がある。

【0004】

そのため、重金属不純物を低減させる技術の一つとしてゲッタリング技術の重要性がますます高くなってきており、エピタキシャルウエーハの基板として、ゲッタリング効果の高い、低抵抗率（例えば $0.1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下）のP型シリコンウエーハを用いることも多くなっている。このような低抵抗率単結晶の基板を用いたエピタキシャルウエーハは、ラッチアップの問題やゲッタリングの問題に関して有利であり、高品質のウエーハとして注目されている。

【0005】

また、BMDの増加やグローンイン（Grown-in）欠陥サイズの制御等

を目的として窒素ドーピングされることも多くなっている（例えば、特許文献1及び特許文献2参照）。

そこで、近年では、MCZ法（あるいはCZ法）により、直径が200mm以上、特に300mmにもなる大口径であって、ゲッタリングの問題等から窒素ドーピングした低抵抗のP型（ボロンドープ）シリコン単結晶を育成することが多くなっている。

【0006】

ところで、CZ法により単結晶を育成すると、育成中に転位が発生（有転位化）し、多結晶化してしまうことがしばしばある。有転位化が発生すると、その後に育成する部分はもちろん、それより前に育成した部分にまでスリップ転位が伝播し、単結晶、すなわち製品としての価値が失われてしまう。このため、従来、有転位化が発生した場合には、育成した単結晶を溶融し直し（再溶融）、再び単結晶の育成（再育成）を行っている。しかし、このような再溶融・再育成を繰り返して行くと、生産性の低下を招くことになってしまうため、有転位化を防ぐことが好ましい。

【0007】

【特許文献1】

特開2000-44389号公報

【特許文献2】

特開2003-2786号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、有転位化の発生に関して本発明者等が調査したところ、ボロンをドーピングした単結晶、特に、低抵抗率（例えば $0.1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下）の単結晶を育成すると、通常抵抗率結晶の場合に比較して有転位化の発生頻度が高く、有転位化した単結晶を溶かして育成をやり直す回数も多くなり、生産性の大きな低下を招くことがわかった。

【0009】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたもので、高いゲッタリング能力を持

つ、ボロンドープした単結晶を製造する際、有転位化の発生を抑制し、高生産性かつ低コストで製造することができる単結晶の製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、本発明によれば、ルツボ内に多結晶原料を収容し、前記ルツボの周りを囲むように配置されたヒーターにより前記多結晶原料を加熱溶解し、該原料融液に種結晶を融着した後引き上げて単結晶を育成するチョクラルスキー法による単結晶の製造方法において、ボロンをドーピングして抵抗率を調整した単結晶を育成する場合に、前記ルツボの最高温度を1600℃以下に制御して単結晶を育成することを特徴とする単結晶の製造方法が提供される（請求項1）。

【0011】

後述するように、本発明者等の分析により、CZ法により単結晶を製造する際の有転位化の発生原因の一つは、約1500℃程度以上の温度で形成される窒化ボロン（BN）であることが判明した。そこで、ボロンをドーピングして抵抗率を調整した単結晶を育成する場合に、ルツボの最高温度を1600℃以下に制御して単結晶を育成すれば、窒化ボロンの形成が抑制され、窒化ボロンに起因する有転位化が防止される。従って、生産性の向上を図ることができ、高いゲッタリング能力を持つ、ボロンドープした単結晶を低コストで製造することができる。

【0012】

この場合、前記育成される単結晶の抵抗率が、 $0.1\Omega\text{cm}$ 以下となるようにボロンをドーピングした単結晶を育成することが好ましい（請求項2）。

育成される単結晶の抵抗率が $0.1\Omega\text{cm}$ より大きくなる場合、ボロンの添加量は比較的少ないためそれほど問題とならないこともあるが、抵抗率が $0.1\Omega\text{cm}$ 以下となる低抵抗単結晶では、ボロンの濃度がかなり高いため、わずかな窒素が存在しても、BN起因の有転位化が発生しやすい。従って、このような低抵抗の単結晶を育成する場合に特に本発明が有効となる。

【0013】

一方、前記育成される単結晶の抵抗率が、 $0.001\Omega\text{cm}$ 以上となるようにボロンをドーピングした単結晶を育成することが好ましい（請求項3）。

抵抗率が $0.001\Omega\text{cm}$ よりも小さくなる単結晶を育成する場合、ボロンの添加量が極めて多くなり、単結晶化し難くなる。従って、抵抗率が $0.001\Omega\text{cm}$ 以上となるようにボロンドープして単結晶を育成することが好ましい。

【0014】

また、育成される単結晶中の窒素濃度が $1\times 10^{10}/\text{cm}^3$ 以上、 $5\times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以下となるように窒素をドーピングした単結晶を育成することが好ましい（請求項4）。

上記範囲の窒素濃度となるように窒素ドープして単結晶を育成すれば、単結晶化に悪影響が無く、BMDやグローンイン欠陥の制御効果を十分発揮し、ゲッタリング能力に一層優れた単結晶を確実に製造することができる。また、ボロンと窒素の両方をドーピングして単結晶を育成する場合、たとえ抵抗率が $1000\Omega\text{cm}$ となる高抵抗、低濃度ボロンドープであっても窒素濃度が上記範囲内であると、窒化ボロンが非常に形成され易くなるが、ルツボの最高温度を 1600°C 以下に制御することで窒化ボロンの形成が抑制されるため、本発明が特に有効となる。

【0015】

前記単結晶として、シリコン単結晶を育成することが好ましい（請求項5）。

シリコン単結晶は需要が高く、本発明を適用して製造すれば、高品質のP型シリコン単結晶をより低コストで製造することができる。

【0016】

また、前記単結晶の育成に際し、前記原料融液に少なくとも300 Gauss以上の磁場を印加して単結晶を育成することが好ましい（請求項6）。

近年、MCZ法により単結晶を製造する場合が多く、300 Gauss以上の強度で磁場を印加すると、融液の対流の抑制効果が大きくなり、温度勾配がつき易くなる。そのため、融液の温度が高くなり易いが、ルツボの最高温度を 1600°C 以下に制御して単結晶を育成することで、融液の温度も低く保たれ、窒化ボロンの形成が抑制される。従って、窒化ボロンに起因する有転位化が防止され、大口

径で、ゲッターリング能力の高い単結晶を高い生産性で製造することができる。

【0017】

前記単結晶として、直径が200mm以上の単結晶を育成することが好ましい（請求項7）。

直径が200mm以上となる大口径単結晶を育成する場合には、使用するルツボも大きくなる。この場合、ルツボから結晶までの距離が遠くなり、ルツボ内の融液の熔融状態を保ちつつ単結晶を成長させるためにルツボが高温に加熱される。そのため窒化ボロンが生成され易くなるが、このような大口径の単結晶を育成する場合でも、ルツボの最高温度を1600℃以下に制御して育成を行うことで、窒化ボロンの形成が抑制され、大口径の単結晶を高い生産性で製造することができる。

【0018】

以下、本発明についてさらに詳しく説明する。

本発明者等は、様々な分析法（IR、X線回折、ラマン分光、蛍光X線等）を用いて種々の有転位化状況の検証を行い、ボロンドープ低抵抗シリコン単結晶が有転位化する原因の一つが、窒素とボロンとが反応して形成される窒化ボロン（BN）であると特定することができた。窒化ボロンは約1500℃程度以上の温度で発生するが、一度発生すると3000℃の加圧状態でないと溶けない物質であり、有転位化の原因となる。すなわち、このような窒化ボロンが育成中の単結晶に付着すると、成長単結晶に転位が発生すると考えられる。

【0019】

特に、ボロンドープ低抵抗率単結晶の育成においては、融液中のボロン濃度が通常抵抗の単結晶を育成する場合に比べて高いため、さらに窒素をドープする場合に限らず、石英ルツボに含まれていたり、大気中の窒素が起因して発生する窒化物や機械的なリークなどを通じてわずかに育成装置内に混入する窒素と反応して窒化ボロンを形成しやすいと考えられる。

また、本発明者らは、融液中に窒化ボロンが生じて有転位化が発生した場合、従来のように有転位化した結晶を再度熔融しても窒化ボロンが溶解する可能性は極めて低く、融液中を浮遊し、再度結晶を育成する際に育成中の結晶に再び付着

する可能性が高いと考えた。

【0020】

そこで、本発明者らは、シリコンの融点は約1420℃であり、石英ルツボの軟化点は1750℃であるから、育成の際、シリコン融液とルツボの温度はこれらの間の温度に保たれることになるが、窒化ボロンの発生を抑えるためには、ルツボや融液の温度をできるだけ低く保つことが重要であると考えた。すなわち、窒化ボロンの生成温度は1500℃程度以上であるから、ルツボの最高温度を1500℃より低くすれば、ルツボ内のシリコン融液の温度も低くなり、窒化ボロンの生成を抑制することが可能となる。

【0021】

しかし、結晶口径が大きくなるほど使用するルツボも大きくなり、融液全体の熔融状態を保ちつつ結晶を成長させるためにヒータパワーも大きくなるので、ルツボの温度は高くなる。そのため、ルツボの最高温度を1500℃よりも低く抑えて単結晶を育成するのは困難となる場合がある。

【0022】

そこで、本発明者らが鋭意研究及び検討を行ったところ、ボロンドープした単結晶を育成する場合、ルツボの最高温度を1600℃以下に抑えて単結晶を育成すれば、ボロンと窒素との反応が抑制され、窒化ボロンによる有転位化の発生頻度が著しく減少し、結果的に生産性の向上及び低コスト化を図ることができることを見出し、本発明の完成に至った。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明に基づき、ドーパントとして高濃度でボロンを添加したシリコン単結晶と、ボロンと窒素を添加したシリコン単結晶を製造する場合について説明する。

図1は、本発明で 사용할 ことができる単結晶製造装置（引き上げ装置）の一 例の概略を示したものである。この単結晶製造装置20は、原料融液4を収容するルツボ5や加熱ヒーター7を備えたメインチャンバー1と、原料融液4から引き上げた単結晶棒3を収容し、それを取り出すための引き上げチャンバー2とを

有している。

【0024】

ルツボ5は、内側の石英ルツボ5aと外側の黒鉛ルツボ5bとからなり、ペDESTAL 15上に載置されて、下方に設けられたルツボ制御手段（不図示）により回転軸16を介して回転させながら昇降を行うことができるようになっている。

ルツボ5の周囲には加熱ヒーター7が配設され、さらにヒーター7の外側には断熱部材8が設けられている。

【0025】

メインチャンバー1と引き上げチャンバー2との間から融液面に向けてガス整流筒（冷却補助筒）11aが設けられており、さらに整流筒11aの先端部に遮熱部材12が設けられている。また、メインチャンバー1の上方には、育成中の単結晶棒3の直径や様子を測定及び観察するための光学系装置（不図示）が設けられている。

【0026】

引き上げチャンバー2は、育成を終了した単結晶を取り出すことができるように開放可能に構成されており、上方には、ワイヤー（またはシャフト）13を介して単結晶3を回転させながら引き上げる結晶引き上げ手段（不図示）が設置されている。

【0027】

このような装置20を用い、高濃度のボロンをドーピングしたシリコン単結晶を製造するには、例えば、ルツボ5に多結晶シリコン原料と共に金属ボロン元素等のボロンドーパ剤を収容し、また、ボロンと窒素をドーパしたシリコン単結晶を製造するには、ボロンドーパ剤の他に窒化シリコン等の窒素ドーパ剤を収容する。

添加するボロンドーパ剤の量は、育成される単結晶中のボロン濃度、すなわち抵抗率に反映されるため、目的とするシリコン単結晶の抵抗率に応じて決めれば良い。一般的に、抵抗率が $0.1\ \Omega\text{cm}$ 以下となる低抵抗率の単結晶を育成する場合、融液中のボロン濃度が高くなり、故意に窒素をドーパしなくても窒化ボロンが生成し易くなる。

【0028】

なお、抵抗率が $0.001\Omega\text{cm}$ より小さい単結晶を育成するとなると、融液中のボロン濃度は極めて高くなり、ボロンのシリコンへの固溶限界を超え、単結晶化し難くなる。従って、ボロンドープ剤は、育成される単結晶の抵抗率が $0.001\Omega\text{cm}$ 以上、 $0.1\Omega\text{cm}$ 以下となるボロン濃度となるように添加することが好ましい。

【0029】

一方、窒素ドープ剤の量も、育成される単結晶中の窒素濃度に反映されるので、目的とするシリコン単結晶の窒素濃度に応じてドープ剤の量を決めれば良い。なお、単結晶中の窒素濃度が小さすぎると、BMDやグローンイン欠陥への効果が十分得られないので、十分に不均一核形成を引き起こす $1\times 10^{10}/\text{cm}^3$ 以上とするのが好ましい。

ただし、融液中の窒素濃度がシリコンへの固溶限界を超えてしまうと単結晶化し難くなるので、育成される単結晶中の窒素濃度が $5\times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以下となるように窒素ドープ剤を添加することが好ましい。

なお、この様に故意に窒素をドープする場合、ボロン濃度とはほぼ無関係に、例えば抵抗率が $1000\Omega\text{cm}$ 程度となる低いボロン濃度でも窒化ボロンが発生し易くなる。

【0030】

ルツボ5内に原料及びドープ剤を収容してヒーター7により加熱熔融した後、上方より静かにワイヤー13を下降し、ワイヤー13下端のホルダー6により吊された、円柱または角柱状の種結晶14を融液面に着液（融着）させる。次いで、種結晶14を回転させながら上方に静かに引上げて徐々に直径を細くするネッキングを行った後、引上げ速度、温度等を調整して絞り部分を拡張し、単結晶棒3のコーン部の育成に移行する。さらに、コーン部を所定の直径まで拡張した後、再度引上げ速度と融液温度を調整して所望直径の直胴部の育成に移る。

【0031】

なお、単結晶3の成長に伴い原料融液4が減って融液面が下がるので、ルツボ5を上昇させることで融液面のレベルを一定に保ち、育成中の単結晶棒3が所定

の直径となるように制御される。

また、操作中は、チャンバー 1, 2 内は、ガス導入口 10 からアルゴンガスが導入され、ガス流出口 9 から排出することでアルゴンガス雰囲気で行われる。

【0032】

上記のように単結晶の育成を行うと、育成中の単結晶が有転位化する場合がある。このような有転位化が発生した場合、従来においては、育成した単結晶を溶融し直し、同じ原料融液から単結晶を育成し直す、という作業を繰り返し行っていた。しかし、本発明者らの調査から、特に C Z 法により低抵抗の P 型単結晶を育成する場合、故意に窒素をドーピングしなくても融液中に窒化ボロンが発生し易く、これが結晶に付着して有転位化を引き起こすものと判明し、一旦発生した窒化ボロン (BN) は消滅し難いため、再溶融・再育成を繰り返しても再び有転位化が発生する可能性が高い。

【0033】

そこで本発明では、上記のようにボロンをドーピングした単結晶を育成する場合、窒化ボロンの形成を抑制するため、ルツボの最高温度を 1600℃以下に制御して単結晶を育成するようにした。前記したように、窒化ボロンは原料融液の温度が 1500℃程度以上で発生するが、ルツボの最高温度が 1600℃以下となるように制御して育成を行えば、原料融液の温度を低く抑え、窒化ボロンの発生を効果的に抑制することができる。

【0034】

ただし、ルツボの最高温度をシリコンの融点 (1420℃) 近くまで低くしてしまうと、原料全体の溶融状態を保ちながら単結晶を育成するのは困難になるおそれがある。そのため、使用するルツボの大きさ等にもよるが、ルツボの最高温度は、1450℃以上、1600℃以下、特に 1480℃以上、1550℃以下に制御することが好ましい。

【0035】

ルツボの温度制御については、例えば遮熱部材の位置や断熱部材の高さ等の炉内構造 (ホットゾーン構造) を調整することで最高温度を 1600℃以下に制御することができる。

図1の引上げ装置20では、図4に示した装置30と比べ、冷却補助筒（ガス整流筒）11aの融液面からの距離を2.5倍に広げている。通常、単結晶を育成する際、融液表面と単結晶との固液界面近傍の温度が所望の値となるようにヒーターパワーを設定するが、図1及び図4の装置のようにヒーター7の周りの断熱部材8が比較的低いと放熱が大きくなり、ルツボ5や融液4はヒーター7により過熱されることになる。しかし、図1の装置20のように、冷却補助筒11a（遮熱部材12）と融液表面との距離を大きくすることでルツボ5や融液4の冷却効果が高くなり、ルツボ5（石英ルツボ5a）の温度を1600℃以下に保つことができる。

【0036】

また、図2に示した装置20aでは、図4の装置30と比べ、ヒーター7を囲む断熱部材8aを高くして、放熱を小さくしている。さらに、図3に示した装置20bでは、図1に示した冷却補助筒11aと図2に示した断熱部材8aに加え、厚さを薄くした遮熱部材12aを採用している。これらの装置20a、20bでも、ヒーター7によるルツボ5の過熱を防いだり、冷却効果が高くなるため、ルツボ5（石英ルツボ5a）の温度を低く、すなわち1600℃以下に保つことができる。

【0037】

これらの装置20、20a、20bを用いて実際に単結晶を育成する際には、例えば、予めコンピュータシミュレーションによる計算により、ルツボの最高温度が1600℃以下となるように各条件（ヒーターパワー、冷却補助筒の融液面からの距離、断熱部材の長さ、遮熱部材の形状等）を調整すれば良い。あるいは、実際に熱電対等を用いてルツボの温度を測定し、炉内構造を調整することでルツボの最高温度が1600℃以下となるように制御しても良い。

【0038】

なお、ルツボの最高温度を1600℃以下に制御する装置は、図1～図3に示したような装置20、20a、20bに限定されない。例えば、特開平9-227276号公報に開示されているように、ルツボの劣化を防ぐため、ルツボの上方に補助ヒーター等を設けてルツボの最高温度を1600℃以下に制御すること

ができる引上げ装置を使用することもできる。

【0039】

また、本発明で育成する単結晶の大きさも特に限定されないが、直径が200 mm以上、特に300 mmにもなる大口径のシリコン単結晶を育成する場合には、メインチャンバー1の外側に磁場印加装置を備えた装置を用い、MCZ法により育成が行われることが多い。このとき300 Gauss以上の中心磁場強度で磁場を印加すると、融液の対流の抑制効果が大きくなり、融液の温度が高くなって窒化ボロンが形成され易いが、ルツボの最高温度を1600℃以下に制御して育成を行うことで、窒化ボロンの形成を抑制することができる。従って、MCZ法により、大口径で、ゲッターリング能力の高い単結晶を高い生産性で育成することができる。

【0040】

そして、上記のように製造されたシリコン単結晶から、スライス、面取り、ラッピング、エッチング、研磨等の工程を経て得た低抵抗率ウエーハは、低抵抗であるのでゲッターリング能力が特に優れ、エピタキシャルウエーハ用の基板として有利に使用することができる。

【0041】

【実施例】

以下、本発明の実施例及び比較例について説明する。

<実施例1>

図1に概略を示した単結晶製造装置20（ルツボ径：800 mm）を用い、チヨクラルスキー法（CZ法）により直径12インチ（300 mm）のP型（ボロンドープ）シリコン単結晶を育成した。

溶融工程では、ルツボ内に多結晶シリコン原料を320 kgチャージし、同時に抵抗制御用の金属ボロンエレメントを添加した。なお、育成される単結晶の抵抗率が0.005-0.01 Ω cmの範囲に収まるようにボロンの量を調節した。

また、冷却補助筒と融液表面との距離は75 mmとした。

【0042】

結晶育成工程では、中心磁場強度 3500 G の水平磁場を印加し、直胴長さが約 120 cm の結晶を育成した。

なお、上記のような条件の下、FEMAG（総合伝熱解析ソフト：F. Dupret, P. Nicodeme, Y. Ryckmans, P. Wouters, and M. J. Crochet, Int. J. Heat Mass Transfer, 33, 1849 (1990)）によって計算されたルツボの最高温度は 1543℃であった。

【0043】

結晶が途中で有転位化してしまった場合には、その結晶を再び溶融して再度育成することとし、製品として使い得る単結晶が得られるまで再溶融・再育成を繰り返すこととした。

この炉内構造で製品としての単結晶が得られるまでの有転位化回数は下記の比較例の 1/5 回程度であった。

【0044】

<比較例>

図 4 に概略を示した炉内構造を用い、冷却補助筒と融液表面との距離を 30 mm としたこと以外は、実施例 1 と同条件で結晶を育成した。このとき FEMAG によって計算されたルツボの最高温度は 1627℃であった。

この装置では、従来と同様、製品としての単結晶が得られるまで有転位化が頻繁に発生した。

【0045】

<実施例 2>

図 2 に概略を示した装置を用い、冷却補助筒と融液表面との距離を 30 mm とし、断熱部材を 20 cm 高くしたこと以外は、実施例 1 と同条件で単結晶を育成した。この装置では、断熱部材を長くしており、FEMAG によって計算されたルツボの最高温度は 1597℃であった。

この装置で製品としての単結晶が得られるまでの有転位化回数は、上記比較例の 1/2 回程度であった。

【0046】

<実施例 3>

図 3 に概略を示した装置を用い、遮熱部材の厚さが薄いものとし、断熱部材を 20 cm 高くしたこと以外は、実施例 1 と同条件で単結晶を育成した。この装置では、FEMAG によって計算されたルツボの最高温度は 1563℃であった。

この装置で単結晶が得られるまでの有転位化回数は、比較例の約 1/5 回であり、実施例 1 よりやや多い程度であった。

【0047】

<生産性の比較>

上記各実施例及び比較例における生産性を比較したものを図 5 に示した。また、ルツボの最高温度に対して生産性比をプロットしたものを図 6 に示した。

図 5 に見られるように、実施例 1 の生産性は比較例の 1.73 倍、実施例 2 では 1.53 倍、実施例 3 では 1.61 倍と、いずれも良好な結果であった。

また、図 6 に見られるように、ルツボの最高温度が 1630℃に近い場合（比較例）、1600℃以下に制御した場合（実施例 1～3）に比べて明らかに生産性が低いことが分かる。

【0048】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0049】

【発明の効果】

以上のように、本発明では、チョクラルスキー法によりボロンをドーピングして抵抗率を調整した単結晶を育成する場合に、ルツボの最高温度を 1600℃以下に制御して単結晶を育成する。このようにルツボの温度を 1600℃以下に制御することで、ルツボ内の原料融液の温度が低く保たれるので、窒化ボロンの形成を抑制することができる。従って、窒化ボロンに起因する単結晶の有転位化の発生頻度を大きく減少させることができ、高いゲッタリング能力を持つ、P 型単結晶を高い生産性で製造することができ、結果的に製造コストの低減を達成する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明で使用可能な単結晶製造装置の一例を示す概略図である。

【図 2】

本発明で使用可能な単結晶製造装置の他の例を示す概略図である。

【図 3】

本発明で使用可能な単結晶製造装置のさらに他の例を示す概略図である。

【図 4】

従来の単結晶製造装置の一例を示す概略図である。

【図 5】

実施例及び比較例における生産性を比較したグラフである。

【図 6】

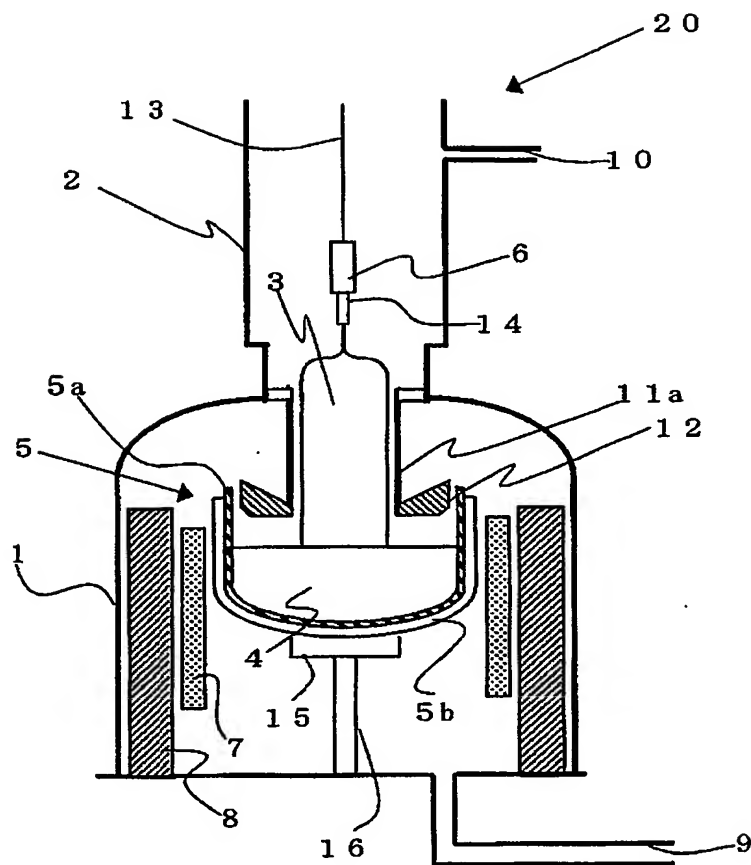
ルツボの最高温度と生産性比との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

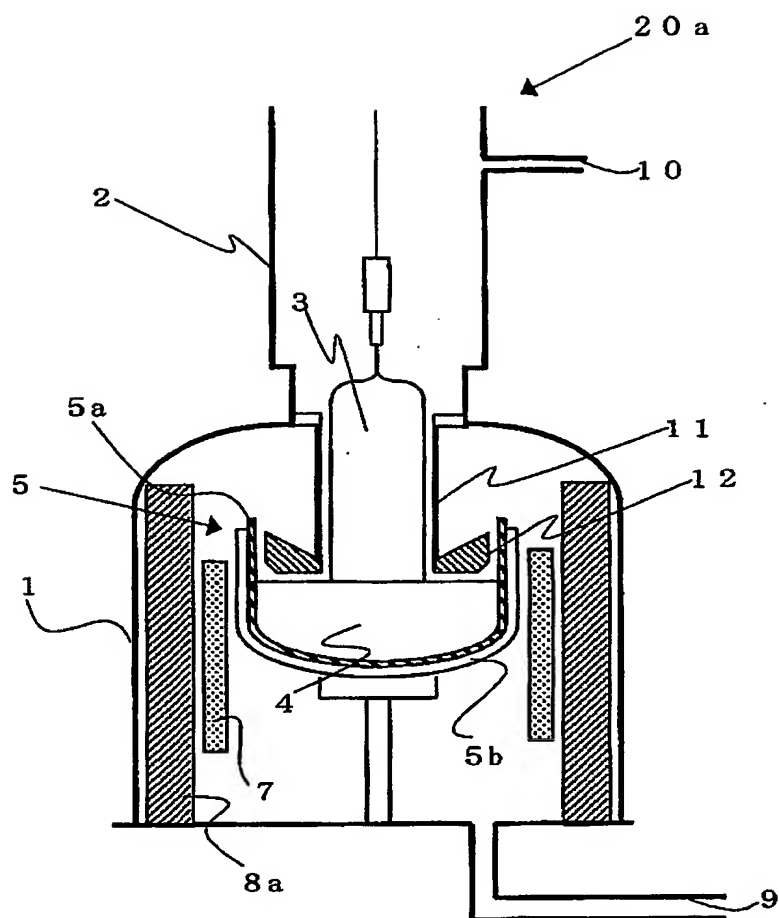
1…メインチャンバー、 2…引き上げチャンバー、 3…単結晶棒、
4…原料融液、 5…ルツボ、 5 a…石英ルツボ、 5 b…黒鉛ルツボ、
6…種結晶ホルダー、 7…加熱ヒーター、 8, 8 a…断熱部材、
9…ガス流出口、 10…ガス導入口、
11, 11 a…整流筒（冷却補助筒）、 12, 12 a…遮熱部材、
13…ワイヤー、 14…種結晶、 15…ペDESTAL、
16…ルツボ回転軸、 20, 20 a, 20 b, 30…単結晶製造装置。

【書類名】 図面

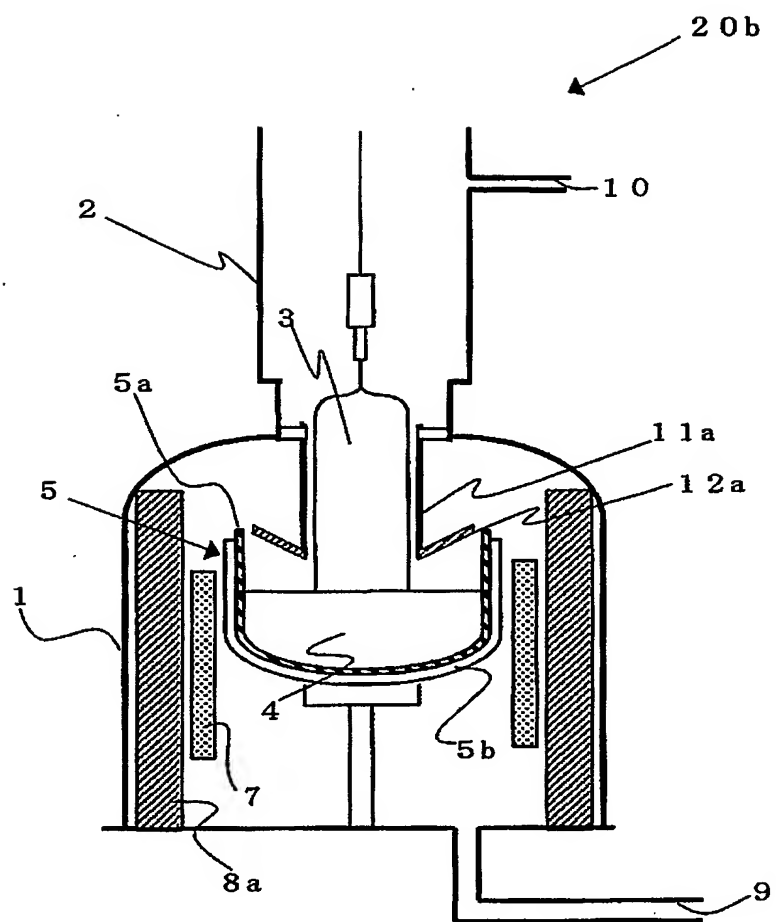
【図 1】



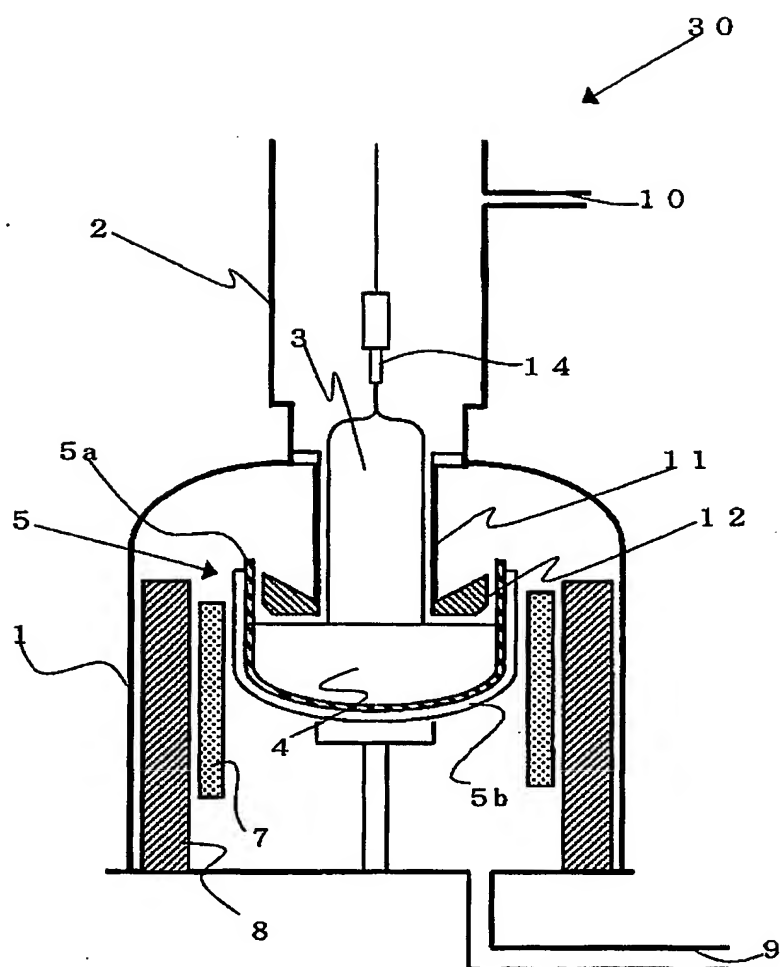
【図 2】



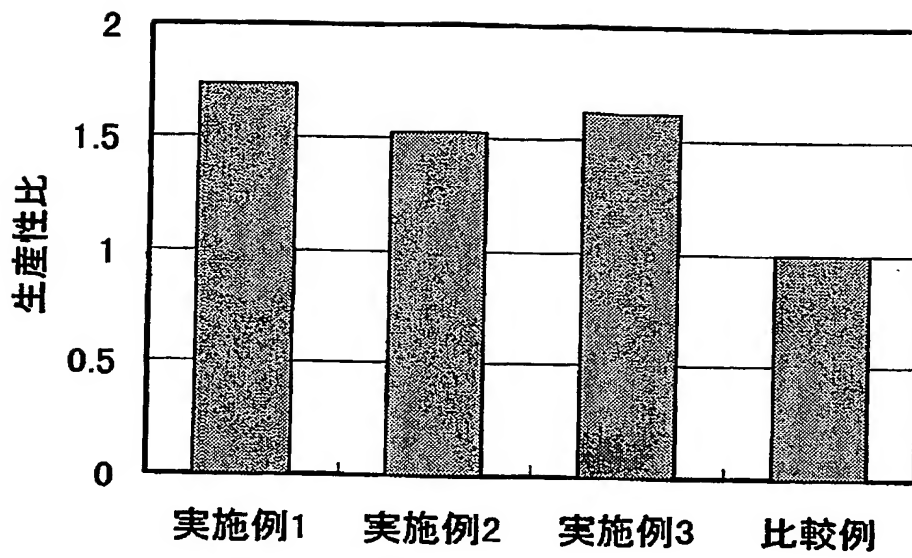
【図3】



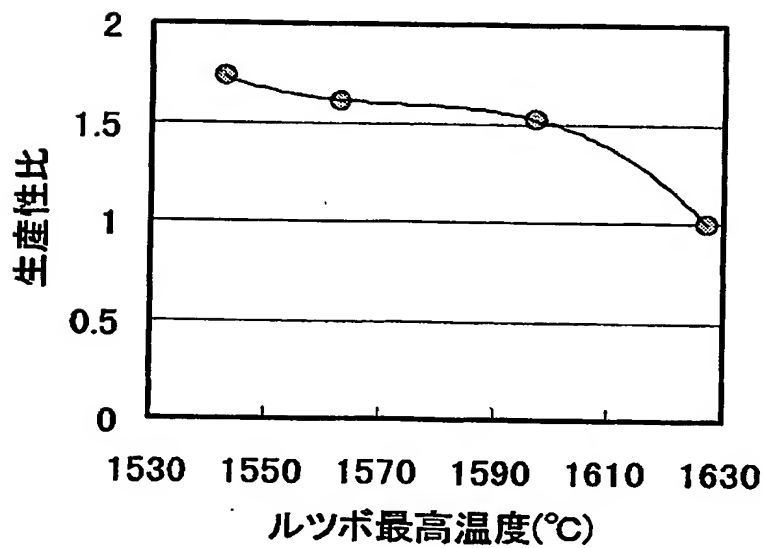
【図 4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高いゲッターリング能力を持つ、ボロンドーピングした単結晶を製造する際、有転位化の発生を抑制し、高生産性かつ低コストで製造することができる単結晶の製造方法を提供する。

【解決手段】 ルツボ内に多結晶原料を収容し、前記ルツボの周りを囲むように配置されたヒータにより前記多結晶原料を加熱溶解し、該原料融液に種結晶を融着した後引き上げて単結晶を育成するチョクラルスキー法による単結晶の製造方法において、ボロンをドーピングして抵抗率を調整した単結晶を育成する場合に、前記ルツボの最高温度を1600℃以下に制御して単結晶を育成することを特徴とする単結晶の製造方法。

【選択図】 なし

特願 2003-108787

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000190149]

1. 変更年月日

1990年 8月 7日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

氏 名

信越半導体株式会社